

繰り返し注入型地山補強土工法による石積み擁壁の耐震補強工事

東京地下鉄(株) 正会員 ○畠山 恭輔 東京地下鉄(株) 非会員 野本 一美
東京地下鉄(株) 非会員 金刺 広明 前田建設工業(株) 正会員 小川 裕司

1. はじめに

東京地下鉄株式会社（以下、「東京メトロ」という。）の丸ノ内線には、地下鉄でありながら、石積み擁壁が数多く点在し、現在耐震補強工事を行っている。当工事の施工区間では、沿道住民宅に近接した場所が数多く、用地境界も近いことから、住民の皆様のご理解を得ながら順次補強を行うといった施工環境での難易度の高い施工区間となっている。加えて、当工事では、場所によって、地盤の状態が様々に変化し、それに応じて補強方法を変更しながら施工を行っている。

本論文で紹介する施工箇所は、非自立性地山区間であり、線路内からの施工を必要とする区間となっている。近隣には教育施設や重要文化財（大イチョウ）の用地境界があり、当初設計では補強材長が長いことから大きく越境していたため、補強材径を大きくし、本数を増やすことで、補強材長を短くする必要があった。そこで、本論文では、現場条件を加味した上で施工が可能なロータスアンカー工法について説明する。



写真1 現場全景（非自立性地山箇所）

2. ロータスアンカー工法の特徴

ロータスアンカー工法は、図1に示すように、特殊な注入パイプ「インジェクションパイプ」を使用し、ダブルパッカーからグラウトを加圧注入し、繰り返し注入することにより大きな引抜抵抗力を得ることができる。

ロータスアンカーは、加圧注入により補強材径を大きく出来ることが大きな特徴である。補強体径拡大の概念図を図2に示す。このため、施工にあたっては、インジェクションパイプが挿入可能な大きさの孔が削孔できればよいので、小型の削孔機で施工可能となる。削孔後に、インジェクションパイプを孔内に建て込み、1.0~2.0MPaの高圧による加圧注入を行うことにより、球根状の補強体が造成される（写真2）。

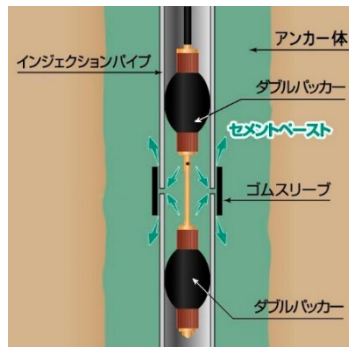


図1 ダブルパッカー注入

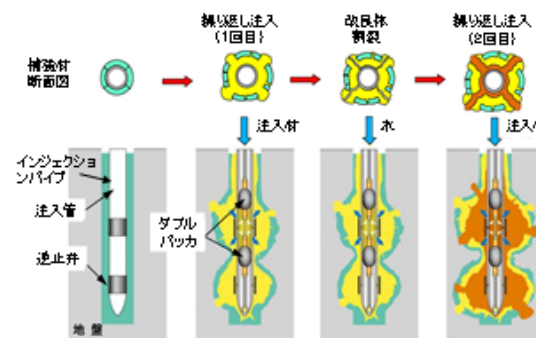


図2 補強体径増加の概念図



写真2 補強体径増加の概念図

3. ロータスアンカー採用の経緯

当初は補強材径が170mmの中径棒状補強材で設計しており、打設するには、大型の削孔機と大規模な足場仮設が必要となる。当現場は写真1に示すように、線路内脇の擁壁補強であり、昼間は丸ノ内線が走行していることから軌道内の作業は夜間に限られる。しかし、この工法では足場の設置撤去や、大型機械の搬入が夜間作業時間内では困難である。また、通常の中径棒状補強では、削孔後に引き続いて注入を行うため、補強材の打設が終わるまでは削孔機を撤去することが出来ないため、異なる工法が必要となった。

キーワード：地山補強土工法、石積み擁壁、中径棒状補強、非自立性地山

連絡先：〒110-8614 東京都台東区東上野 3-19-6 Tel.03-3837-7201 Fax.03-3837-7171

現場条件としては、①夜間作業時間内に削孔機を設置撤去可能なこと、②170mm以上の補強材径を造成出来ること、③削孔と注入を別工程で行えることが挙げられる。

ロータスアンカーの特長は、①比較的小型の削孔機で施工が可能である、②削孔径の1.5～2.0倍の補強材を繰り返し注入（加圧注入）によって造成することができる、③削孔と加圧注入を別工程で行えることであるので、上記現場条件と合致する工法である。①については、通常の中径棒状補強材を施工する場合には、削孔機の仕様として全長約4.6m、重量約2,300kgの削孔機が必要となる。それに対しロータスアンカーでは、全長約2.7m、重量約490kgの削孔機で施工可能である。②については、表1に示した小型の削孔機を使用した場合、最大でφ115の削孔となるが、ロータスアンカーの場合補強体を造成するため、地山が粘性土の場合は削孔径の1.5倍、砂質土の場合は2.0倍を目安として補強材径が造成され、補強材径は172mm～230mmとなり、削孔よりも大きな径の補強材が造成できる。③については、ロータスアンカーの施工手順として、削孔→充填注入→インジェクションパイプ挿入→加圧注入→インジェクションパイプ内注入→芯材建込という流れとなる。インジェクションパイプまで建て込んでおけば、加圧注入は狭いヤードで施工可能なので(写真3)、昼間の線路供用中でも施工が可能となる。さらに、削孔後に地山の孔壁が崩壊していないことを確認できれば、充填注入の前にインジェクションパイプを先に建て込み、インジェクションパイプ内からダブルパッカーを利用して低圧でグラウトを注入することにより施工が可能である。



写真3 加圧注入状況

以上の理由から、ロータスアンカーが採用となったが、小型な削孔機を使用しても、夜間作業中での仮設足場の設置撤去にはまだ課題が残る。このため、足場仮設が不要な自走式の小型削孔機の開発を行った。

4. 自走式削孔機の開発

自走式削孔機の開発にあたり、軽量型の削孔機をベースとして、バックホウに取り付けることが出来る仕様とした(写真4上)。使用するバックホウは0.28m³クラスであり、バケットと先端のアームを取り外した箇所にアタッチメントを介して削孔機を取り付ける仕様である(写真4下)。削孔機は当初、水平方向の可動角度が左右45°ずつ、合計90°の範囲であった。しかし、住宅直下の地下埋設物の存在が確認され、それを



写真4 改良前後の削孔機

避けるために水平角度の可動範囲を更に大きくする必要が生じた。さらに、施工範囲内での支障物の存在により、擁壁直近まで削孔機を近づけることが出来ない箇所が発生した。このため、ガイドセルを大きくスライドさせる機能を保有させることが必要となった。改良の結果、水平方向は左右105°で合計210°の範囲まで可動領域が広がった。さらに、ガイドセルのスライドの伸縮は改良前よりも約70cmの増加となった。従って、施工範囲内全ての箇所での補強材の造成が可能となり、課題であった夜間作業での削孔機の設置、撤去が可能となった。

5. まとめ

本施工場所では、狭隘部が多いため、小型機械で大径補強材が造成可能というロータスアンカーを使用したことで施工をスムーズに行うことができた。また、自走式削孔機の開発により、足場仮設撤去工程を省くことができ、夜間の作業効率が大幅に向上した。

【参考文献】

1) RRR 工法協会スリーアールネイル部会：RRR-Nail（スリーアールネイル）による地山補強土工法設計マニュアル（案），平成27年6月